

**Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte  
Halbleiterbaugruppen**

5

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei  
10 an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten.

In Flip-Chip-Technologie realisierte Schaltungen sind weithin bekannt. Bei der Flip-Chip-Technologie werden in zwei Ebenen übereinander liegende Halbleitersubstrate miteinander  
15 verbunden. Beispielsweise kann ein Halbleiterchip mit einem Träger oder einem Grundsubstrat verbunden werden. Zur Verbindung der beiden Schaltungseinheiten werden anstelle von Drahtbonds sogenannte Bumps (Löt- oder hart plattierte Höcker) verwendet. Beispielsweise wird bei sogenannten Ball  
20 Bumps ein Draht an eines der Substrate angebondet und anschließend abgeschmolzen oder abgerissen. Dadurch entsteht eine elektrisch leitende Erhöhung (Höcker), die sich beim Aufeinandersetzen der beiden Substrate mit einer Kontaktstelle der gegenüberliegenden Seite, zum Beispiel durch  
25 Thermokompression, verbinden lässt.

Auf den Substraten sind üblicherweise monolithisch integrierte Schaltungen aufgebaut, wobei die Bumps zur elektrischen Verbindung der Schaltungselemente dienen.  
30 Einzelne Bumps können jedoch auch allein aus Gründen der Abstandshalterung der beiden Substrate vorgesehen sein. Auch

**BEST AVAILABLE COPY**

zur thermischen Ableitung werden die Bumps gern benutzt. Eine Flip-Chip-Baugruppe kann mit einer eigenen Sende- und/oder Empfangsantenne und gegebenenfalls mit einer eigenen Stromversorgung ausgerüstet werden, so dass autarke Sende-  
5 /Empfangsbaugruppen entstehen. Bekannt sind sogenannte Patch-Antennen, das heißt metallisierte, von der übrigen Schaltung isolierte flächige Bereiche auf einer äußeren Oberfläche einer solchen Baugruppe mit einer Zuleitung zur Schaltung. Die Zuleitung kann gegebenenfalls durch eine vertikale  
10 Durchkontaktierung („via“) durch eines der Substrate realisiert werden.

Aus DE 691 18 060 T2 ist zum Beispiel ein Mikrowellen-Radar-Sender/Empfänger in Flip-Chip-Technologie auf der Grundlage  
15 eines monolithisch integrierten Mikrowellen-Schaltkreises (MMIC) bekannt, der zum Senden und Empfangen eines Nahbereichs-Radarsignals mit einer solchen Patch-Antenne ausgerüstet ist. Allgemeinere Erläuterungen zu Patch-Antennen finden sich in R. E. Munson, Conformed Microstrip Antennas  
20 and Microstrip Phases arrays, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 22, 1975 pp. 74-78 oder in J.-F. Zürcher, F. E. Gardiol, Broadband Patch Antennas, Boston, Artech House Inc., 1995.

25 Die bekannten Antennen haben die Eigenschaft, dass sie eine vertikale Abstrahlung in einem relativ großen Winkel bewirken. Für bestimmte Anwendungen ist jedoch auch eine laterale Abstrahlung bzw. Empfang oder eine Rundum-Abstrahlung wünschenswert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellenantenne der eingangs genannten Art anzugeben, die auch eine laterale oder eine Rundum-Abstrahlung bzw. -empfang erlaubt.

- 5 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Danach sind zwischen den an ihrer Oberfläche metallisierten  
10 Halbleitersubstraten ein geschlossener Zug von Bumps so angeordnet, dass der Abstand der Bumps zueinander kleiner ist als die halbe Wellenlänge des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals und an mindestens einem Seitenwandpaar der Halbleitersubstrate ein offener Abstrahl-  
15 schlitzz entsteht und dass zwischen den Bumps und dem Abstrahlschlitz ein mit der Schaltung der Halbleiterbaugruppe verbundener Bump angeordnet ist, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt.

- 20 Es entsteht mit den Bumps eine Parallelplatten-Leitungsstruktur mit einer lateralen Schlitzöffnung. Diese Schlitzöffnung hat eine Höhe, die der Höhe der Bumps entspricht.

Der Abstrahlschlitz hat zweckmäßig eine Länge wie etwa die  
25 halbe Wellenlänge des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals. Die Höhe der Bumps sollte wesentlich kleiner sein als die Wellenlänge des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals.

- 30 Die Anordnung der Bumps zusammen mit dem Abstrahlschlitz erfolgt bevorzugt in der Weise, dass sich im wesentlichen eine Dreieckform des Antennenraumes ergibt.

Zu Erhöhung der lateralen Richtwirkung der Mikrowellenantenne sind die Seitenwände der Halbleitersubstrate im Bereich des Abstrahlschlitzes bevorzugt mindestens teilweise metallisiert.

Die Mikrowellenantenne ermöglicht die Realisierung von lateral gerichtet strahlenden Antennen mit Hilfe der gängigen planaren Aufbautechniken. Mit den bei planaren Aufbauten üblichen Patch-Antennen war dies bisher nur in vertikaler Richtung möglich. Die Ausdehnung der Mikrowellenantenne beträgt dabei nur eine halbe Wellenlänge. Sie ist daher besonders für den Frequenzbereich zwischen 10 und 150 GHz geeignet und ermöglicht den Aufbau miniaturisierter integrierter Richtstrahler.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne ist, dass auf der äußeren Oberfläche der Baugruppe nur wenig Fläche für eine Antenne belegt werden muss.

Bei einer Anordnung von mehreren Mikrowellenantennen auf den Halbleitersubstraten kann ein Abstrahlwinkel von bis zu  $360^\circ$  erreicht werden. Die Mikrowellenantenne hat gegenüber den bisherigen Patch-Antennen außerdem den besonderen Vorteil, dass sie gleichzeitig als Filter genutzt werden kann, da der Bump, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt, so positioniert werden kann, dass die Mikrowellenantenne nur für die Resonanzfrequenz eine Impedanzanpassung aufweist.

In Kombination mit einer bzw. mehreren Patch-Antennen lässt sich mit der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne vorteilhaft eine Rundum-Abstrahlung in alle Raumrichtungen erreichen.

Der Aufbau einer Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne erfolgt nach der üblichen Flip-Chip-Technologie. Die Substrate werden mit Hilfe eines koplanaren MMIC-Prozesses (MMIC = Microwave Monolithic Integrated Circuits) hergestellt, entweder nur als Metallisierungen oder gegebenenfalls als Schaltungen. Im Rahmen der Rückseitenprozessierung werden zweckmäßig die Metallisierung der Seitenwände als Via-Zäune an den Rändern sowie die benötigten elektrischen Verbindungen von Vorder- und Rückseite als Vias realisiert. Anschließend erfolgt das Aufbringen der Bumps auf einem der Substrate und die Vereinzelung der Wafer zu Chips sowie schließlich das Flip-Chip-Bonden der beiden Chips (Substrate).

Mit einem Aufbau gemäß der Erfindung lassen sich Halbleiterbaugruppen herstellen zum Beispiel für Nahfeld-Radarsysteme und andere Sensoren, Mikromodul-Etiketten sowie alle Arten von Chipkarten und ähnlichen Systemen, auch Einwegartikel, die über eine geringe Distanz im Gigahertzbereich kommunizieren. Eine Kombination mit den bisher üblichen Patch-Antennen ist ebenfalls möglich, so dass sich insgesamt eine kugelförmige Abstrahlung erreichen lässt.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

Figur 1 eine Seitenansicht einer Flip-Chip-Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne,

Figur 2 eine Schnittansicht der Ebene A-A' in Figur 1 mit den erfindungsgemäßen Bump-Reihen und einer typischen Anregungsstelle E/A,

5 Figur 3 eine Schnittansicht der Ebene B-B' in Figur 2 und

Figur 4 eine Darstellung gemäß Figur 2 für den Fall einer Vier-Sektoren-Antenne.

10 Figur 1 zeigt eine Seitenansicht einer Flip-Chip-Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne. Die Antenne wird durch die Flip-Chip-Montage zweier an der Oberfläche metallisierter Substrate a und b realisiert (Metallisierung 1). Dabei kann es sich auch um Halbleitersubstrate mit  
15 integrierten Schaltungen handeln. Wie bei der Flip-Chip-Technik üblich, werden die beiden Substrate a und b mit den Oberflächen zueinander durch Bumps 2 verbunden. Es entsteht so eine Parallelplatten-Leitungsstruktur mit einer lateralen Schlitzöffnung der Schlitzlänge d zwischen den Substraten a und b. Diese Schlitzöffnung hat eine Höhe h, die der Höhe h  
20 der Bumps 2 entspricht. Typischerweise beträgt die Höhe h 50...100 µm und ist damit deutlich kleiner als die Freiraumwellenlänge  $\lambda_0$  für einen Frequenzbereich von 10 bis 150 GHz. Die Seitenwände 3 und 4 der Substrate a und b sollten zur  
25 Erzielung der lateralen Richtwirkung gut leitend sein. Sie sind deshalb mit einer Metallisierung 5 versehen, die hier als durchgehend angedeutet ist, die aber zweckmäßig auch durch Via-Zäune am Rand der Substrate a und b realisiert sein kann. Die gesamte Höhe des Schichtstapels  $d_a + d_b + h$  ( $d_a$ ,  $d_b$  =  
30 Dicke der Substrate a, b) sollte nicht kleiner als ein Zehntel der Freiraumwellenlänge  $\lambda_0$  sein.

Figur 2 zeigt einen Schnitt in der Ebene A-A' in Figur 1, das heißt in der Antennenebene, Figur 3 einen Schnitt durch die Symmetrieebene B-B' in Figur 2. Die Mikrowellenantenne besteht aus einem dreieckförmigen Hohlraum, gebildet durch die entsprechend angeordneten Bumps 2 zwischen den beiden Substraten a und b. An der vorderen, langen Seite ist der Hohlraum zur Abstrahlung offen (Schlitzlänge d), an den anderen beiden Seiten ist er durch jeweils eine Reihe von Bumps 2 geschirmt. Der Abstand der Bumps 2 ist kleiner als die halbe Freiraumwellenlänge  $\lambda_0/2$ . Die Schlitzlänge d muss etwa die halbe Freiraumwellenlänge  $\lambda_0/2$  betragen. Die Antennenanordnung ähnelt einem Hornstrahler, wirkt aber wegen der geringen Höhe h und den leitenden Seitenwände 3 und 4 eher als Schlitzantenne.

Die Anregung der Antenne, das heißt die Signaleinspeisung im Sende- bzw. das Ausgangstor im Empfangsfall, erfolgt lokal zwischen den beiden Substraten a und b mit einem E/A-Bump 6. Gegebenfalls kann dieser E/A-Bump 6 direkt mit einer auf dem Substrat a und/oder b integrierten koplanaren Frontend-Schaltung verbunden werden, was die Zuführungsverluste minimiert. Da eine koplanare Schaltung miteinander verbundene Masseflächen aufweist und im allgemeinen nur einen kleinen Bereich des dreieckigen Antennenraumes einnimmt, führt dies nur zu kleinen Veränderungen im Antennenverhalten.

Die gezeigte Mikrowellenantenne arbeitet als Hohlraumresonator, der durch die Abstrahlung bedämpft wird. Diese Eigenschaft kann zur schmalbandigen Transformation genutzt werden, indem die Position des E/A-Bumps 6 optimiert wird. Dadurch erhält man gleichzeitig eine Filterwirkung: Alle Frequenzen außerhalb der Resonanzfrequenz sind schlecht angepasst und werden deshalb gedämpft. Die Resonanzfrequenz

ist im wesentlichen durch die Abmessungen des durch die Bumps 2 gebildeten Dreiecks gegeben.

Die Struktur gemäß den Figuren 1 bis 3 kann zu einer Vier-  
5 Sektorenantenne vervollständigt werden, die, wie in Figur 4  
gezeigt ist, dann einen 360°-Bereich abdeckt.

In einer konkreten Ausführungsform für eine 24 GHz-Antenne  
wurden die Substrate a und b als Galliumarsenid(GaAs)-  
10 Substrat (Substrate a und b jeweils 625 µm dick) mit Gold-  
metallisierung ausgeführt. Die Schlitzlänge d betrug 12,5 mm.  
Die leitenden Seitenwände 3, 4 wurden mit Hilfe von Via-  
ketten realisiert (Durchmesser 400 µm, 1 mm Pitch (Abstand  
der Mittelpunkte)). Die Bumps 2 wurden als Gold-Zinn(AuSn)-  
15 Bumps ausgeführt mit einem Durchmesser von ca. 80 µm, die  
Chips wurden flip-chip-gelötet mit einer resultierenden Höhe  
h von ca. 80 µm. Die Frontend-Schaltungen wurden koplanar  
innerhalb eines dreieckförmigen Antennenraums angeordnet  
(z.B. auf dem Substrat a). Die Anregung der Antenne erfolgte  
20 über einen E/A-Bump 6, der das Frontend mit der Metalli-  
sierung 1 auf dem Substrat b verbindet. Der Zwischenfrequenz-  
oder Basisbandausgang der Frontend-Schaltungen wurde mittels  
Vias zur Rückseite des Substrats a ausgeführt.



## Bezugszeichenliste

	1	Metallisierung
5	2	Bump
	3	Seitenwand
	4	Seitenwand
	5	Metallisierung
	6	E/A-Bump
10		
	a, b	Substrat
	d	Schlitzlänge
	h	Höhe
	d <sub>a</sub>	Dicke (des Substrats a)
15	d <sub>b</sub>	Dicke (des Substrats b)
	$\lambda_0$	Freiraumwellenlänge

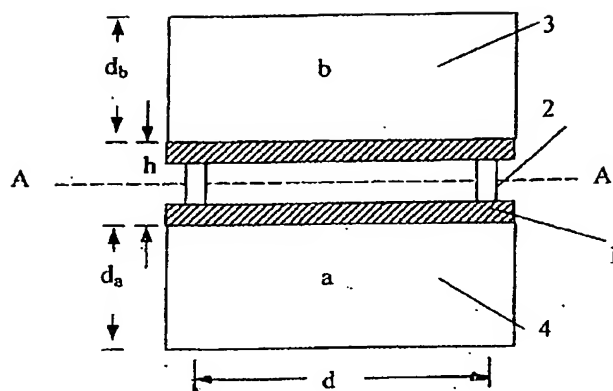
## Patentansprüche

- 5 1. Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten (a, b),  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) ein  
10 geschlossener Zug von Bumps so angeordnet sind, dass der Abstand der Bumps (2) zueinander kleiner ist als die halbe Wellenlänge ( $\lambda_0/2$ ) des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals und an mindestens einem  
15 Seitenwandpaar (3, 4) der Halbleitersubstrate (a, b) ein offener Abstrahlschlitz entsteht und dass zwischen den Bumps (2) und dem Abstrahlschlitz ein mit der Schaltung der Halbleiterbaugruppe verbundener Bump (6) angeordnet ist, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt.
- 20 2. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung der Bumps (2) zusammen mit dem Abstrahlschlitz im wesentlichen eine Dreieckform ergibt.
- 25 3. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlitzlänge (d) des Abstrahlschlitzes etwa die halbe Wellenlänge ( $\lambda_0/2$ ) des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals  
30 beträgt.

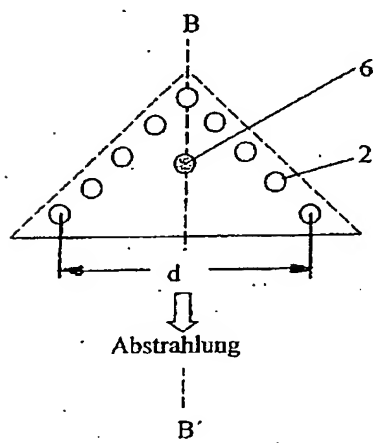
4. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h) der Bumps (2) wesentlich kleiner ist als die Wellenlänge ( $\lambda_0$ ) des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals.
5. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauhöhe der Halbleiterbaugruppe größer als ein Zehntel der Wellenlänge ( $\lambda_0$ ) des abzustrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals ist.
6. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwände (3, 4) der Halbleitersubstrate im Bereich des Abstrahlschlitzes mindestens teilweise mit einer Metallisierung (5) versehen sind.
7. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bump (6), über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt, so positioniert ist, dass die Mikrowellenantenne bei der Resonanzfrequenz impedanzangepasst ist.
8. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf mindestens einem der Halbleitersubstrate (a, b) im Bereich des durch die Bumps (2) und den Abstrahlschlitz aufgemachten Antennenraumes eine monolithisch integrierte Schaltung aufgebaut ist.

9. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) Bumps (2) in einer kreuzförmigen Anordnung eingebracht sind, so dass eine Vier-Sektoren-Antenne entsteht.

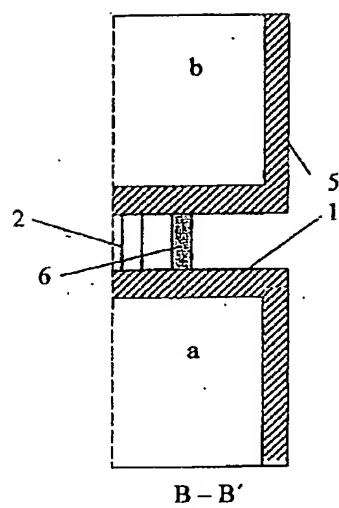
10. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallisierung (5) der Seitenwände der Halbleitersubstrate durch Via-Ketten realisiert ist.



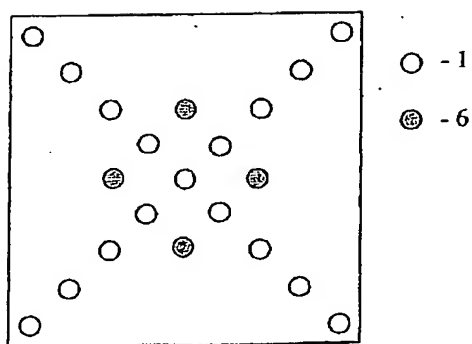
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/003303

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01Q23/00 H01Q13/02 H01Q13/18 H01Q21/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	US 2002/145566 A1 (BALLANTINE ARNE W ET AL) 10. Oktober 2002 (2002-10-10) das ganze Dokument	1-10
A	EP 1 258 948 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC) 20. November 2002 (2002-11-20) das ganze Dokument	1-10
A	LUBECKE V M ET AL: "MICROMACHINING FOR TERAHERTZ APPLICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 46, Nr. 11, PART 2, November 1998 (1998-11), Seiten 1821-1831, XP000785371 ISSN: 0018-9480 das ganze Dokument	1-10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelsfrei erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/08/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Befugtmächtigter Bediensteter

Moumen, A

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/003303

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002145566	A1	10-10-2002	KEINE		
EP 1258948	A	20-11-2002	JP	2002353732 A	06-12-2002
			JP	3495721 B2	09-02-2004
			JP	2002374120 A	26-12-2002
			JP	2003037433 A	07-02-2003
			EP	1258948 A2	20-11-2002
			US	2002186173 A1	12-12-2002



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/003303

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01Q23/00 H01Q13/02 H01Q13/18 H01Q21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/145566 A1 (BALLANTINE ARNE W ET AL) 10 October 2002 (2002-10-10) the whole document	1-10
A	EP 1 258 948 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC) 20 November 2002 (2002-11-20) the whole document	1-10
A	LUBECKE V M ET AL: "MICROMACHINING FOR TERAHERTZ APPLICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 46, no. 11, PART 2, November 1998 (1998-11), pages 1821-1831, XP000785371 ISSN: 0018-9480 the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2005

Date of mailing of the international search report

24/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moumen, A

BEST AVAILABLE COPY

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/003303

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002145566 A1	10-10-2002	NONE	
EP 1258948 A	20-11-2002	JP 2002353732 A	06-12-2002
		JP 3495721 B2	09-02-2004
		JP 2002374120 A	26-12-2002
		JP 2003037433 A	07-02-2003
		EP 1258948 A2	20-11-2002
		US 2002186173 A1	12-12-2002

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

BEST AVAILABLE COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**